

# L'effet des dépenses en R&D sur la productivité de travail au Québec

Peter Hanel

Volume 64, numéro 3, septembre 1988

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/601455ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/601455ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (imprimé)

1710-3991 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Hanel, P. (1988). L'effet des dépenses en R&D sur la productivité de travail au Québec. *L'Actualité économique*, 64(3), 396–415.  
<https://doi.org/10.7202/601455ar>

Résumé de l'article

La relation productivité — R&D dans les industries manufacturières du Québec est examinée dans le cadre d'un modèle inspiré par Griliches, Scherer et Terleckyj. Les effets indirects de la R&D associés aux relations interindustrielles et aux investissements sont calculés pour 1971-1982. Les taux de croissance de la productivité de travail sont étroitement associés aux variations des dépenses de R&D directes et indirectes, ainsi qu'à la variation du ratio K/L. Le financement public en subventions fédérales à la R&D semble exercer un effet plutôt négatif sur la productivité.

## L'EFFET DES DÉPENSES EN R&D SUR LA PRODUCTIVITÉ DE TRAVAIL AU QUÉBEC

Peter HANEL

*Université de Sherbrooke\**

La relation productivité — R&D dans les industries manufacturières du Québec est examinée dans le cadre d'un modèle inspiré par Grilliches, Scherer et Terleckyj. Les effets indirects de la R&D associés aux relations interindustrielles et aux investissements sont calculés pour 1971-1982. Les taux de croissance de la productivité de travail sont étroitement associés aux variations des dépenses de R&D directes et indirectes, ainsi qu'à la variation du ratio K/L. Le financement public en subventions fédérales à la R&D semble exercer un effet plutôt négatif sur la productivité.

The R&D — Productivity relationship in Quebec's manufacturing industries is examined in a framework of growth accounting pioneered by Grilliches, Scherer and Terleckyj. The indirect effects on productivity of R&D executed by upstream suppliers are calculated for 1971-1982 period. The labour productivity growth rates are closely correlated with the growth rate of direct and indirect R&D expenses and with the growth rate of capital — labour substitution. The results suggest that the indirect R&D has a more important and statistically more significant effect on productivity growth than the direct R&D. Federal subsidies to R&D seem to have a negative rather than positive effect on productivity growth.

---

\* Département d'économie

*Remerciements.* — Le présent texte est la suite d'une recherche entreprise en collaboration avec M. Cloutier et J.F. Angers, alors étudiants gradués, pour le compte du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Science et de la Technologie (Québec). Nous avons bénéficié des commentaires constructifs de A. Fugère ainsi que des participants à l'Atelier de recherche sur l'économie et la politique de la technologie au Canada et au Québec à l'Université de Montréal, où les grandes lignes d'une version antérieure du rapport de recherche étaient présentées. Enfin, les commentaires de deux lecteurs anonymes et de mes collègues G. Roy et G. Groleau m'ont été fort utiles pour la rédaction de la version définitive du texte. Je reste toutefois le seul responsable des opinions exprimées dans le texte.

## I. INTRODUCTION

Le présent texte a pour objectif d'évaluer la contribution de la recherche et développement (R&D) à l'évolution de la productivité dans un échantillon d'industries manufacturières au Québec. Bien que l'importance de la nouvelle technologie comme une des premières sources de la croissance économique semble généralement acceptée, rares sont les études qui permettent d'identifier l'impact de l'activité de la R&D sur la croissance économique au Canada et au Québec. Une des raisons de cet état de choses est sans doute la complexité des relations qui existent entre la croissance économique et l'innovation technologique, l'objectif de la R&D.

L'activité de la R&D a pour objectif l'amélioration ou la création de nouveaux produits et procédés de production. Souvent le résultat est une combinaison d'un nouveau produit fabriqué par une méthode améliorée ou nouvelle. Dans ce cas, les deux éléments qui constituent le concept de la productivité, c'est-à-dire un simple ratio de l'extrant et des intrants pourraient être modifiés. Les deux éléments, l'extrant (output) et les intrants (inputs) posent de nombreux problèmes de mesure dans le cas d'une nouvelle technologie.

Même si on fait abstraction des difficultés que pose la mesure de l'extrant pour les services publics et privés, l'évaluation correcte de la contribution d'un nouveau produit à la mesure de l'extrant d'une industrie est loin d'être évidente. Comme le montre Griliches (1979), les méthodes de la comptabilité nationale utilisées aujourd'hui sous-évaluent ou ignorent la contribution des nouveaux produits, car les indices de prix utilisés pour le calcul du volume de production ne sont pas ajustés pour tenir compte de l'amélioration de la qualité des produits. L'ajustement des indices de prix à l'amélioration de qualité n'est pas fait et les nouveaux produits contribuent à l'accroissement de la productivité seulement dans la mesure où leur prix plus élevé reflète leur meilleure qualité. Le prix dépend évidemment non seulement de la qualité du produit mais surtout de la concurrence sur le marché.

Dans le cas où l'innovation est un bien intermédiaire, le gain de productivité peut se manifester non pas dans l'industrie d'origine de la R&D qui a créé l'innovation, mais dans celle qui utilise le nouveau produit intermédiaire. Toutefois, le gain de productivité sera mesuré sans biais seulement si les qualités supérieures du nouvel intrant sont pleinement prises en compte par la réduction des coûts de production dans l'industrie utilisatrice. Dans ce cas le gain de productivité et les rendements à la R&D se retrouvent dans une mesure agrégée de productivité, mais ils sont attribués à l'industrie qui utilise le nouvel intrant plutôt qu'à l'industrie d'origine.

Il est évident que dans une structure économique complexe, les biens parcourent plusieurs stades de production et l'effet sur la productivité sera ainsi réparti sur l'ensemble des industries en fonction de leurs achats intermédiaires.

Les difficultés de ce genre expliquent le peu de succès qu'ont eu les études qui avaient tenté de mesurer l'effet de dépenses en R&D d'une industrie sur sa

propre productivité. Les premières études de l'effet de la R&D sur la productivité aux États-Unis (Minasian, 1969) et au Canada (Lithwick, 1969 et Globberman, 1972) n'ont pas pris en considération les effets indirects de la R&D sur la productivité. Elles se limitaient à établir une relation entre les dépenses en R&D d'une industrie et la variation de sa productivité. Les résultats de Globberman et de Lithwick n'ont pas permis de rejeter l'hypothèse qu'il n'y avait pas de relation entre la R&D et les variations de la productivité au Canada.

La prise en compte des effets interindustriels de la R&D a été introduite par Terleckyj (1974). Il a pris en considération seulement des produits incorporant la R&D, achetés par le premier utilisateur. Si la logique des liens interindustriels est poursuivie, elle nous amène à une matrice d'entrée-sortie (input-output) où les achats et ventes concernent les activités de la R&D. Contrairement aux achats et ventes des intrants et extrants matériels, les relations interindustrielles en matière de nouvelle technologie, peu importe si elle est mesurée par son coût (R&D) ou plutôt par un des indicateurs de son résultat (brevets par exemple), présentent quelques complications conceptuelles. Une partie de la nouvelle technologie devient rapidement un «bien public», c'est-à-dire que les utilisateurs en bénéficient sans avoir à déboursier la totalité du coût. Les difficultés d'évaluation correcte de l'output continuent à biaiser les évaluations des gains privés et sociaux et la liste des problèmes pourrait être encore prolongée. Il reste que, par rapport à l'alternative de négliger les flux interindustriels des résultats de la R&D, leur prise en compte même imparfaite, constitue un pas dans la bonne direction.

Les études qui ont examiné l'effet de la R&D directe et indirecte sur la productivité [Terleckyj (1974, 1980), Scherer (1982), Postner et Wesa (1983)] ont trouvé que la composante indirecte de la R&D a un effet plus significatif sur les variations de la productivité que la R&D directe.

Nous nous proposons donc d'estimer, à l'aide des matrices entrée-sortie, l'intensité de la R&D indirecte dans les industries manufacturières du Québec et de chercher à identifier l'effet de la R&D directe et indirecte sur la croissance de la productivité.

La prochaine section développe le modèle théorique de la relation entre la R&D et l'évolution de la productivité. La spécification des variables et leur mesures sont présentées dans la section 3. Enfin, les résultats des régressions ajustées sont présentés et discutés dans la dernière section, où le lecteur trouvera également quelques brèves conclusions.

## II. LA RELATION PRODUCTIVITÉ — R&D

### 2.1 *Modèle théorique*

Le modèle théorique suit la démarche de Griliches (1973, 1979, 1985) et de Scherer (1982). L'output  $Q$  d'une industrie est fonction de la combinaison des

facteurs travail  $L$  et capital  $K$  engagés en production<sup>1</sup>, et de l'état courant de la technologie  $T$  en période<sup>2</sup>  $t$ :

$$Q = T \cdot f(K, L) \quad (1)$$

L'état courant de la technologie  $T$  est une fonction des dépenses antérieures dans la création des connaissances. Ce « stock » de connaissances en usage en période  $t$  n'est pas une variable directement observable. Nous supposons qu'elle peut être représentée par une fonction où figure  $RD$  — le stock de capital des investissements en R&D effectués par l'industrie  $i$  elle-même, et  $RI$  — le stock des investissements en R&D qui reflète la contribution technologique apportée à l'industrie  $i$  par les industries en amont  $j$ . Les autres influences qui agissent sur l'état courant de la technologie sont représentées par la variable  $O$ .

$$T = g(RD, RI, O) \quad (2)$$

Le stock des investissements en R&D « directe » de l'industrie  $i$  est une fonction de dépenses brutes en R&D en période  $t$ ,  $r_{it}$ :

$$RD_{it} = w_0 r_{it} + w_1 r_{it-1} + w_2 r_{it-2} + \dots \quad (3)$$

Le stock des contributions technologiques apportées à l'industrie  $i$  par les industries en amont  $j$ , R&D « indirecte », est une fonction des investissements bruts en R&D effectués en période  $t$  par les industries  $j$ ,  $r_{jt}$ :

$$RI_{it} = u_0 r_{jt} + u_1 r_{jt-1} + u_2 r_{jt-2} + \dots \quad (4)$$

Les paramètres  $w_i$  en (3) et  $u_i$  en (4) sont les opérateurs de décalage qui relient les dépenses antérieures en R&D au capital productif de R&D en usage en période  $t$ .

1. Ce modèle, comme le note Griliches (1973), comporte une erreur de spécification, car les mesures des intrants conventionnels  $L$  et  $K$  comprennent également l'emploi et le capital utilisés dans la R&D. Le manque de données détaillées ne permet pas de distinguer le capital et la main-d'oeuvre utilisés dans la R&D du capital et de la main-d'oeuvre engagés dans la production. Pour cette raison, la spécification des rendements à l'échelle est définie par rapport aux seuls facteurs  $L$ ,  $K$  conventionnels ( $s = b + d$ ).

La plupart des auteurs qui ont étudié la relation R&D-productivité au niveau agrégé ont adopté cette façon de procéder. Je dois au lecteur anonyme de cette revue la référence à l'article de Shankerman (1981) qui a analysé ce problème de double comptabilité. Comme les ressources employées dans la R&D ne représentent qu'une faible fraction des facteurs conventionnels, cette erreur de spécification est jugée inférieure aux erreurs de mesure, qu'impliquerait l'utilisation des estimations grossières de variables strictement conformes à (1).

2. Nous omettons les symboles  $t$  et  $i$  des équations (1), (2) et (5).

3. Comme le note Griliches (1979), si nous nous intéressons à l'effet de la R&D sur la productivité, la forme de la fonction n'est pas très importante, à moins que nous voulions analyser l'interaction entre le capital de R&D et les facteurs  $K$  ou  $L$ . Nous supposons pour simplicité les rendements constants à l'échelle. Nos expérimentations avec les rendements non-constants à l'échelle (*c.f.* Hanel, Angers et Cloutier, 1985) montrent que les estimations des coefficients de régression des variables R&D sont similaires.

Par ailleurs, les résultats empiriques de Longo (1984) montrent que les variables additionnelles dans la fonction translog n'ont pas amélioré significativement l'ajustement de la fonction.

Pour simplicité nous supposons que les fonctions  $f$  et  $g$  sont du type Cobb-Douglas avec des rendements constants à l'échelle<sup>3</sup>. Le modèle (1) à (4) se résume en fonction de production :

$$Q_t = C e^{m t} R D_t^{a_1} R I_t^{a_2} L_t^b K_t^c \quad (5)$$

Deux spécifications alternatives sont possibles. La première, suivant Griliches (1973), utilise la croissance de la productivité totale des facteurs, l'autre, utilisé par Scherer (1982), spécifie la croissance de la productivité de travail. Notre étude antérieure montre les résultats (comparables) de ces deux spécifications (Hanel, Angers, Cloutier 1985); ici nous poursuivons celle de la productivité de travail.

## 2.2 Productivité de travail et la R&D

À partir de la fonction de production (5) et pour les rendements constants à l'échelle<sup>4</sup>, la productivité de travail pour la période  $t$  est égale à:

$$(Q/L)_t = C e^{m t} R D_t^{a_1} R I_t^{a_2} (K/L)_t^c \quad (6)$$

Après dérivation par rapport au temps, nous pouvons récrire (6) en termes de taux de croissance :

$$(PT)\% = m + a_1 \cdot RD\% + a_2 \cdot RI\% + c \cdot (K/L)\% \quad (7)$$

où  $PT\%$  est le taux de croissance de la productivité du travail et les variables  $RD\%$ ,  $RI\%$  et  $(K/L)\%$  dénotent respectivement les taux de croissance du stock de capital de la R&D directe et indirecte et du rapport  $(K/L)$ .

## III. LES VARIABLES ET LEUR ÉVOLUTION

Notre choix des variables est restreint par la disponibilité des données sur la R&D. En fait, 1971 est la première année pour laquelle nous disposons de données sur la R&D par industrie manufacturière au Québec. Le nombre d'industries pour lesquelles les données de R&D sont disponibles est également très limité (12); elles figurent au tableau A-1. Pour utiliser au maximum le peu d'information dont nous disposons, et pour permettre un décalage, même s'il est probablement trop court, entre les périodes d'observation pour les variables de productivité et pour celles de la R&D, nous avons spécifié deux périodes d'observation<sup>5</sup>.

Variation de la productivité 1973 à 1979 & Variation de la R&D 1971 à 1977  
Variation de la productivité 1977 à 1983 & Variation de la R&D 1975 à 1972

Le choix des périodes est un compromis entre la disponibilité des données et le souci de choisir, pour la productivité, des périodes comparables dans le cycle

4. Rappelons que le capital de R&D n'est pas considéré comme un facteur pour les fins d'économie d'échelle, mais plutôt comme une source de déplacement de la fonction de production des facteurs conventionnels  $L$  et  $K$ . (Cf. la note n° 1)

5. En fait, comme c'est expliqué plus loin, nous utiliserons également les taux de croissance de productivité pour deux périodes antérieures à 1971, pour tester la direction de la causalité entre les investissements en R&D et la variation de la productivité.

de conjoncture. Ainsi le taux d'utilisation de la capacité de production était de 90,2% en 1973 et 85,7% en 1979, deux périodes au sommet du cycle. Pour la deuxième période il aurait été préférable d'inclure une année ultérieure à 1983, mais pour des raisons de disponibilité des données cela n'a pas été possible. Le taux d'utilisation de la capacité en 1977, (81,3%), se comparait avec celui de 1983 (70,6%).

La présentation et la discussion des principales variables suivent dans les prochaines sections. Les sources des données et les détails des calculs sont présentés dans l'annexe du rapport Hanel, Angers et Cloutier (1985).

### 3.1 *Les mesures de la productivité et leur évolution sur la période 1961-1983*

La productivité de travail met en relation pour chacune des douze industries l'évolution de l'indice du volume de la valeur ajoutée de l'activité totale avec l'évolution du volume du facteur travail utilisé. Celui-ci est mesuré par le nombre d'individus-heures à l'activité manufacturière plus l'estimation du nombre d'individus-heures à l'activité non manufacturière. Pour évaluer les volumes il a fallu dégonfler les séries statistiques des valeurs ajoutées par des indices de prix appropriés. Le taux de croissance de la productivité est la moyenne arithmétique calculée à partir des taux de croissance pour chacune des années de la période. Le tableau A-1 en annexe montre les taux de croissance de la productivité du travail.

### 3.2 *Les variables de la R&D*

#### *Taux de croissance du stock de la R&D*

Nous présentons des mesures de R&D en tant que *proxy* de l'état des connaissances technologiques qui codéterminent le rendement des facteurs de production, c'est-à-dire la productivité. Donc, en analogie avec l'investissement, on cherche à établir une mesure de stock de R&D. Cette tâche présente plusieurs problèmes conceptuels et opérationnels.<sup>6</sup>

La dépréciation rapide du capital de connaissances spécifiques à une entreprise et le fait que la plupart des projets de R&D financés par le secteur privé poursuivent plutôt des objectifs à court terme résultent, selon Griliches (1979, 102), en un décalage de trois à cinq ans entre la dépense en R&D et la culmination de son effet sur la productivité. Ces délais sont plus longs pour des recherches à caractère fondamental et plus courts pour le développement. Les délais sont plus courts dans les industries à haute intensité technologique.

6. i) Les dépenses de R&D n'ont pas un effet immédiat ; la longueur des délais et leur distribution dans le temps varient d'un cas à l'autre et l'information disponible à ce sujet est insuffisante.

ii) La dépréciation du capital de R&D. La diffusion de connaissances privées des entreprises peut réduire ou éliminer la rentabilité privée de la R&D de l'entreprise concernée. Son effet sur la rentabilité sociale peut être très différent ! En ce sens, on peut anticiper que la dépréciation « privée » des résultats de R&D est plus rapide que sa dépréciation « sociale ».

### *Mesure opérationnelle de la variation du stock de R&D*

Si nous disposions des séries temporelles pour les dépenses de R&D couvrant une période assez longue, le stock serait calculé selon la méthode de l'inventaire perpétuel, en utilisant les flux biannuels de dépenses courantes en R&D. Faute de données fiables pour les années avant la décennie 1970, nous utiliserons deux mesures *proxy* qui supposent une proportionnalité entre les taux de croissance du stock de capital de R&D et des dépenses de R&D.

i) La première, le taux de variation du ratio R&D/ventes est calculée pour deux périodes : la première de 1971 à 1977 et la deuxième de 1975 à 1982. L'avantage de cette *proxy* est surtout pratique ; le ratio — dépenses R&D/ventes — est l'unité de mesure la plus commune de l'intensité technologique. Par contre, l'interprétation économique des coefficients associés à cette *proxy* n'est pas aussi évidente que celle de la *proxy* suivante.

ii) Celle-ci, introduite par Terleckyj (1974), fait aussi abstraction de la dépréciation du capital de R&D et considère le flux de dépenses dans une période de base comme étant égal à l'investissement net de R&D<sup>7</sup>. L'attrait principal de cette méthode, utilisée aussi par Scherer (1982) et Terleckyj (1980), est sa simplicité car elle permet d'utiliser l'intensité des dépenses de (R&D/Q) à la place de la variation du capital de R&D. La variable R&D/Q est spécifiée comme la moyenne du rapport R&D/VA pour la période concernée. Le désavantage de cette *proxy* est qu'elle ne prend pas en considération la variation de dépenses en R&D au-delà d'une année. Par contre, elle permet d'interpréter le coefficient de régression associé à cette *proxy* comme le taux de rendement des investissements en R&D.

### *Les mesures de la R&D*

Les données de la R&D pour les vingt industries manufacturières québécoises ne commencent qu'en 1971. Depuis 1971 elles sont disponibles à intervalle de deux ans. Cependant, les séries ne sont pas complètes pour toutes les années ni pour toutes les industries. Nous avons été contraints de regrouper les données pour une douzaine d'industries sur l'ensemble de la période 1971-1982. Pour arriver à cette courte série il a quand même fallu effectuer quelques estimations et extrapolations pour compléter les données manquantes. Les détails de ces ajustements sont décrits en annexe du rapport Hanel, Angers et Cloutier (1985).

Quant à la mesure des variables de la R&D, le point de départ est le ratio des dépenses en R&D sur le chiffre d'affaires de l'industrie. Le choix du déno-

7. Partant de la relation entre le taux de croissance de la productivité et le taux de croissance du stock de R&D,  $PT\% = m + aR\%$ , Terleckyj interprète le coefficient  $a = dQ/dR$ .  $R/Q$  comme étant l'élasticité de l'output à la variation du capital de  $R$ . Il substitue au produit  $aR = dQ/dR R/Q$ .  $dR/R \cdot 1/dt$ , une expression équivalente  $v \cdot I$ , le produit du produit marginal du capital R&D,  $v = dQ/dR$ , et de l'intensité de l'investissement en R&D,  $I$ , mesurée par le ratio de l'investissement net de R&D à l'output,  $I = (dR/dt)/Q$ . L'élimination de la dépréciation du stock de la R&D aura pour effet de sous-évaluer le produit marginal  $dQ/dR$ . Terleckyj suggère cette formulation quand il s'agit d'identifier les rendements sociaux des dépenses de R&D. Les bénéfices sociaux provenant d'une innovation peuvent subsister même après la disparition complète des bénéfices privés.



minateur, le chiffre des ventes, est dicté par des considérations pratiques plutôt que théoriques. Du point de vue théorique, il aurait été préférable de mettre les dépenses en R&D en relation avec la valeur ajoutée plutôt qu'avec les ventes. Le ratio R&D/ventes a l'avantage d'être une mesure largement utilisée, ce qui permet de faire des comparaisons plus faciles avec les autres études. Toutefois, le choix de l'une ou de l'autre des deux mesures est en fait équivalent parce que les deux variables sont fortement corrélées<sup>8</sup>.

### *La R&D directe et indirecte*

La construction de la R&D indirecte est analogue au calcul du contenu indirect de travail dans la comptabilité entrée-sortie. À partir du vecteur des ratios R&D/ventes pour chaque industrie  $i$ , nous calculons le contenu total de R&D/ventes en ajoutant aux ratios des dépenses directes la somme de toutes les fractions de R&D/ventes incorporées dans les achats des produits intermédiaires.

Les tableaux d'entrée-sortie ne sont disponibles que pour la seule année 1979. Nous sommes donc contraints d'utiliser la structure des liens interindustriels de 1979 pour calculer les dépenses totales (et indirectes) en R&D pour les périodes antérieures et ultérieures. L'erreur que cette contrainte introduit est relativement peu importante car la période n'est pas très longue et les industries sont suffisamment agrégées.

Suivant Postner et Wesa (1983) et en se référant au texte de Durand (1984) qui décrit la transformation des tableaux d'entrée-sortie rectangulaires en tableaux carrés de Leontief, nous avons travaillé avec les matrices suivantes (résultat d'une compilation spéciale du BSQ).

$$1) \text{ l'output par secteur } g = DBg + Df \quad \text{où } g = \bar{U} + \bar{F}_i$$

$$2) \text{ la matrice carrée d'impact } (I - DB)^{-1}$$

Où  $D$  est la matrice des parts de marché,  $B$  la matrice des coefficients techniques,  $f$  le vecteur et  $F$  la matrice des biens de la demande finale,  $U$  la matrice des biens intermédiaires et  $I$  la matrice d'identité.

L'utilisation totale de la R&D par une industrie  $RT$  est analogue à l'utilisation totale d'un facteur primaire (par exemple, le travail). Soit un vecteur (ligne)

$$RT/Q = RD/Q (I - DB)^{-1}$$

où  $RD/Q$  est le vecteur du rapport des « dépenses en R&D/ventes » pour chaque industrie  $i$  et  $RT/Q$  le vecteur dont les éléments représentent la somme des dépenses directes et indirectes en R&D par rapport aux ventes de chaque industrie  $i$ .

8. Le coefficient de corrélation entre les deux mesures est  $r = 0,983$  en 1971 sans l'observation pour l'industrie de raffinage de pétrole, qui constitue un cas tout à fait à part ; avec cette observation incluse,  $r = 0,897$ ).

Les dépenses indirectes sont obtenues par la soustraction

$$RI/Q_i = RT/Q_i - RD/Q_i$$

Les taux de croissance sont calculés comme la moyenne des taux de croissance biannuels de chaque composante pour les périodes indiquées.

La méthodologie utilisée pour calculer les dépenses indirectes de R&D telle que décrite en haut, implique les hypothèses suivantes, dont certaines sont relâchées plus loin.

i) La matrice entrée-sortie que nous utilisons pour calculer les flux de dépenses indirectes de R&D ne tient pas directement compte des importations. À l'instar de Leontief (1953), et de Postner et Wesa (1983) pour ce qui est de l'application du cadre de Leontief à la R&D, le calcul de la consommation totale des intrants repose sur l'hypothèse que les importations sont remplacées par une production locale, ayant la même intensité en R&D comme les importations<sup>9</sup>.

Pour comparaison, nous présentons plus loin également les résultats obtenus par l'approche alternative où la R&D indirecte est calculée en prenant en compte « les fuites » causées par les importations. Dans ce cas la matrice d'impact  $[(I - B + \hat{u}B)^{-1} (I - \hat{u})]$  approxime les importations d'intrants par le coefficient moyen,  $\hat{u}$ .

ii) Ne disposant que du tableau entrée-sortie pour une seule période (1979) nous ne pouvons pas prendre en considération la modification des flux interindustriels durant la période 1971-1983.

iii) Les flux de consommations interindustrielles ne concernent les biens d'équipement qui font partie de la demande finale dans la comptabilité entrée-sortie. À partir de la structure interindustrielle de l'utilisation de la demande finale, la R&D indirecte a été également calculée au prorata des flux de biens d'équipements pour 1979. Ne disposant de données sur des flux que pour 1979, la variation de l'intensité de R&D incorporée dans les biens d'équipements se limite donc à l'effet de la variation de l'intensité R&D/vente d'une période à l'autre. L'effet de la variation des flux des investissements, potentiellement plus important, est donc négligé. Les résultats pour la R&D indirecte

9. Dans le système régionalisé entrée-sortie canadien la matrice des flux interindustriels de l'industrie manufacturière québécoise ne tient pas compte des importations. Celles-ci font partie de la matrice de la demande finale. Les importations sont réparties pour l'ensemble de la demande interindustrielle et finale de façon suivante: (1)  $m = \hat{u} (Bg + e)$  où pour chaque bien:

$m$  = les importations ;

$\hat{u}$  = le coefficient d'importation par bien ;

$Bg$  = la demande intermédiaire ;

$e$  = la demande finale intérieure.

Idéalement, nous aimerions disposer de la répartition des importations séparément pour les achats intermédiaires  $\hat{u}'$ , et pour la demande finale  $\hat{u}^2$ , ce qui remplacerait la répartition (1) en haut par:  $m = \hat{u}'Bg + \hat{u}^2 e$ , où le premier élément à droite identifie les importations des produits intermédiaires d'origine non québécoise. Nous jugeons que l'hypothèse de l'homogénéité technologique des intrants de différentes origines est plus réaliste que l'hypothèse que  $\hat{u} = \hat{u}' = \hat{u}^2$ .

incorporée en biens d'équipements sont donc à priori sujets à une erreur de mesure importante. Ils sont présentés pour fins de comparaison seulement.

iv) Les effets indirects dont notre modèle tient compte ne prennent pas en considération les effets de la R&D effectuée en dehors du secteur manufacturier, notamment dans les services qui pourtant ont un effet non négligeable sur la productivité des industries manufacturières.

v) Toutes les hypothèses propres à la méthode entrée-sortie (version de Leontief, c'est-à-dire matrice carrée) s'appliquent à notre analyse.

Il est évident que les hypothèses citées plus haut imposent des contraintes et conditionnent l'interprétation de nos résultats.

### *Comparaison de l'intensité de R&D directe et indirecte par industrie*

Nous constatons que seulement sept industries sur douze financent et exécutent elles-mêmes plus de R&D qu'elles n'en achètent sous forme d'intrants intermédiaires. Ce sont les industries suivantes : équipement de transport, machines non électriques, produits chimiques, matériel électrique, pâtes et papier et première transformation des métaux<sup>10</sup>.

Comment se compare la structure des dépenses directes et indirectes de R&D au Québec, (voir tableau A-2 en annexe) avec la structure observée pour l'ensemble du Canada ? Pour répondre à cette question nous disposons de l'étude récente de Hartwick (1984) qui a examiné la structure des dépenses de R&D pour le Canada. Hartwick a utilisé les moyennes des ratios R&D/ventes<sup>11</sup> pour les périodes 1973, 1975, 1977 et 1979.

Au Canada comme au Québec, ce sont les mêmes trois industries manufacturières intensives en R&D (produits chimiques, équipement de transport et matériel électrique) qui alimentent le reste du secteur manufacturier en technologie. Par contre, au Canada les industries de la machinerie non électrique, des pâtes et papier et de la première transformation de métaux affichent un ratio R&D/ventes direct inférieur à celui de R&D/ventes indirect.

En regardant les industries qui figurent parmi celles dont le ratio R&D/ventes direct dépasse celui de R&D/ventes indirect, il est possible d'identifier deux caté-

10. Nous avons exclu de l'analyse des flux indirects de R&D l'industrie du raffinage du pétrole. Cette industrie importe la quasi-totalité de ses intrants de l'étranger. Simuler, comme on le fait pour les autres industries, la production au Québec des intrants utilisés dans le raffinage du pétrole donnerait des résultats fortement biaisés et nous avons jugé préférable de ne pas calculer la R&D indirecte pour cette industrie. L'exclusion de cette industrie du tableau entrée-sortie réduit quelque peu les valeurs de R&D indirectes dans les autres industries, mais cette réduction reste proportionnelle.

11. Contrairement aux données entrée-sortie pour le Québec qui n'identifient pas les importations intermédiaires, les données canadiennes qu'a utilisées Hartwick distinguent les deux sources de produits intermédiaires. Cette différence rend la comparaison des résultats des deux études seulement approximative.

gories distinctes<sup>12</sup>. Dans la première se trouvent les industries « sources » de la technologie nouvelle qui alimentent les industries en aval en produits intermédiaires incorporant les résultats de la R&D. Ce groupe est commun à la structure industrielle québécoise et canadienne et comprend les industries suivantes : produits chimiques, matériel électrique et, dans une moindre mesure, machines non électriques (cette dernière affiche en fait des intensités directes et indirectes de R&D assez comparables ; la première étant légèrement supérieure à la deuxième au Québec et légèrement inférieure au Canada). Les industries « sources » sont plus intensives en dépenses de R&D que les autres industries (à l'exception de l'équipement de transport) et constituent en fait la base technologique du secteur manufacturier.

Parmi les trois autres industries québécoises qui ont des dépenses R&D/ventes directes supérieures aux R&D/ventes indirectes achetées aux biens intermédiaires, deux (pâtes et papier et première transformation des métaux) consacrent leur effort de R&D surtout à l'amélioration de leur propre procédé de production, c'est-à-dire au service de leur propre industrie. Celle de l'équipement de transport est un cas à part ; son intensité directe en R&D élevée est le résultat de l'importance relative de la construction aéronautique, à la fois source et utilisateur important de la nouvelle technologie.

#### *Les subventions à la R&D*

Une des questions d'importance pratique considérable est l'effet sur la productivité des subventions à la R&D. Seules les données des subventions fédérales sont ventilées par industrie pour la période de 1977 à 1982. La moyenne du ratio (subventions à la R&D/ventes) pour les années 1977, 1979, 1981 et 1982 représente la variable *SUBV*. La différence entre les valeurs totales directes et indirectes de la R&D et la variable *SUBV* donne les dépenses directes et indirectes en R&D financée de sources privées. En incluant les ratios moyens des « dépenses privées en *RD*/vente » et des « subventions fédérales à la *RD*/vente » dans les équations économétriques, il sera possible d'identifier la contribution de chacune des deux sources de financement à la croissance de productivité.

#### IV. RÉSULTATS EMPIRIQUES ET CONCLUSIONS

Les équations à estimer sont conformes à la spécification théorique (7) et peuvent être schématiquement représentées de la façon suivante pour chaque sous-période. Les variables sont « datées », le décalage de la variation du stock de la *RD*% et *RI*% est de deux ans. Les périodes sont indiquées dans les tableaux des résultats.

$$PT\%_{it} = m + a_1 RD\%_{it-2} + a_2 RI\%_{it-2} + c (K/L)\%_{it} + u_{it} \quad (i = 1, 12)$$

12. Cette différenciation du rôle que la recherche et le développement jouent dans les diverses industries manufacturières est d'ailleurs confirmée par l'analyse des brevets d'invention (Séguin-Dulude, 1982). La faible corrélation entre les deux composantes de R&D (variant entre  $r = 0,2$  pour 1979 et  $r = 0,37$  pour la moyenne de 1973 à 1979) en fournit une autre indication probante.

L'estimation sera effectuée par la méthode des moindres carrés ordinaires.

*Variables dépendantes* : *PT%* Taux de croissance de la productivité du travail

*Variables explicatives* : Dans toutes les spécifications il faut distinguer entre la R&D directe, indirecte et leur somme, la R&D totale.

*RD%* proxy pour le taux de croissance du stock : R&D *directe*

*RI%* proxy pour le taux de croissance du stock : R&D *indirecte*

ou bien *RT%* proxy pour le taux de croissance du stock : R&D *totale*

*(K/L)%* Le taux de croissance moyen du ratio capital/travail

### Régressions pour les deux sous-périodes

Le tableau 1 montre les résultats des régressions du taux de croissance de la productivité du travail sur les *proxies* de la croissance de deux composantes du stock de la R&D (le taux de croissance de la R&D directe/ventes et le taux de croissance de la R&D indirecte/ventes). Pour identifier les périodes concernées, les deux derniers chiffres dans le symbole de la variable explicative identifient la période sur laquelle le taux de croissance a été calculé. Quant à la mesure de productivité, les périodes sont indiquées dans la colonne consacrée à cette fin.

Pour vérifier notre hypothèse que la variation de R&D entraîne une variation de productivité dans une période ultérieure nous suivons la démarche de Scherer (1982), en utilisant ce qu'il a appelé un mauvais décalage (*wrong lag*). Par exemple, associer la variation de R&D de 1971 à 1977 à la variation de productivité sur une période précédente, par exemple de 1962 à 1967, fait intervenir un mauvais décalage si, selon notre hypothèse, la variation de productivité est le résultat d'une variation de R&D. Un décalage correct par rapport à la R&D de 1971 à 1977 sera représenté par la variation de la productivité sur la période 1973 à 1979. La comparaison des régressions effectuées pour les décalages correct et incorrect permettra de juger de la pertinence de l'hypothèse d'un effet de la R&D sur la productivité.

TABLEAU 1  
RÉGRESSION DU TAUX DE CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ DE TRAVAIL  
SUR LES TAUX DE CROISSANCE DE LA R&D/VENTES

No	Période	Constante	d(RI/Q) 1971-77	d(RI/Q) 1975-82	d(RD/Q) 1971-77	d(RD/Q) 1975-82	d(K/L)	R ajusté	F
1	1962-67	0,028 b	0,199				0,715 b	0,29	3,23 c
2	1966-72	0,011		-0,108			0,752 b	0,21	2,49
3	1973-79	0,019 b	0,598 a				0,313 b	0,79	19,60 a
4	1977-83	-0,003		0,258			0,933 b	0,57	8,16 a
5	1962-67	0,028 a			0,052		0,554 b	0,25	2,83 c
6	1966-72	0,010				-0,136	0,812 b	0,37	4,25 c
7	1973-79	0,007			0,187 b		0,475 b	0,47	5,31 b
8	1977-83	0,003				0,248 c	0,805 a	0,67	11,06 a

NOTES: Niveaux de signification statistique a = 0,01, b = 0,05, c = 0,1 (test unilatéral).

L'équation no 3 ajustée par la méthode Hildreth-Lu.

Comme on peut le constater dans le tableau 1, les coefficients de régression des variables R&D pour les périodes « incorrectes » sont non significatifs au niveau conventionnel de 5%. Les résultats rejettent donc l'hypothèse d'un décalage incorrect.

Les régressions mettant en relief les périodes correctes donnent par contre des résultats qui ne contredisent pas l'hypothèse d'un effet positif de la R&D sur la productivité. Le coefficient de régression de la R&D indirecte est situé près de 0,5 et il est significatif seulement dans la première période. Le taux de croissance de dépenses directes en R&D/ventes a un coefficient de valeur inférieure (entre 0,187 et 0,248) qui reste significatif au niveau de 10% en deuxième période.

### *Régressions pour un échantillon regroupant les deux sous-périodes*

Les résultats de régressions pour les sous-périodes donnent des coefficients de régression des variables R&D comparables, suggérant que la fonction ne varie pas de façon significative d'une période à l'autre. En effet, les variables binaires (*dummy*) qui identifient la période 1977-83 ne sont pas statistiquement significatives. La relation fonctionnelle n'est pas significativement différente pour les deux périodes, ce qui justifie la fusion des observations pour les deux sous-périodes en un seul échantillon. Nous travaillerons dorénavant avec l'échantillon regroupant les deux sous-périodes, ce qui augmente sensiblement le nombre d'observations.

Examinons dans le tableau 2 les régressions du taux de croissance de la productivité du travail sur chacune des composantes de la R&D. En ce qui concerne

TABLEAU 2  
RÉGRESSIONS DU TAUX DE CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ DU TRAVAIL  
SUR LE TAUX DE CROISSANCE DU RATIO R&D/VENTES

No	Période PT%	Const. C	Dummy D1	Variables explicatives (1971-82)				R <sup>2</sup> ajusté	F
				(RD/Q)% R&D directe	(RI/Q)% R&D indirecte	(RT/Q)% R&D totale	(K/L)%		
1	1973-83	0,006	0,004	0,235 a			0,632 a	n=24 0,636	14,4 a
2	1973-83	0,008		0,242 a			0,649 a	0,651	22,5 a
3	1973-83	0,008		0,242 a			0,662 a	n=22 0,535	13,1 a
4	1973-83	0,007				0,364 b	0,639 a	0,529	12,8 a
5	1973-83	0,008			0,511 a		0,565 a	0,536	13,1 a
6	1973-83	0,006		0,146	0,310		0,605 a	0,545	9,4 a
7	1973-83	0,009			0,217		0,670 a	0,422	8,6 a
8	1973-83	0,005			0,239		0,561 a	0,418	8,6 a

NOTES: Niveaux de signification statistique : a=0,01, b=0,05 (test unilatéral)

Les équations n° 3 à 8 sont ajustées pour un échantillon de 22 observations, l'industrie du raffinage de pétrole est exclue pour des raisons évoquées dans le texte.

La variable R&D indirecte en équation n° 7 tient compte des fuites par des importations. Celle de l'équation n° 8 prend en compte la R&D incorporée dans les biens d'investissement.

la distinction entre l'influence de la R&D directe et indirecte, la deuxième est plus importante, presque le double de l'effet de la R&D directe. Si nous cherchons à identifier l'effet de la croissance de l'ensemble de la R&D (R&D directe plus R&D indirecte), les résultats de la régression n° 4 au tableau 2 (R&D totale) suggèrent que l'augmentation du taux de croissance de l'intensité de dépenses directes et indirectes de R&D d'un point augmente la productivité du travail d'un tiers de point.

La tentative d'évaluer séparément la contribution de chacune des composantes se heurte au problème de multicollinéarité (voir régression n° 6). Les estimations ne sont pas significatives au niveau de 5% mais elles suggèrent que l'effet de la R&D indirecte est plus élevé (d'au moins le double) que l'effet de la R&D directe. Les spécifications utilisant le « mauvais écart » sont de nouveau non significatives et ne sont pas présentées dans le tableau.

#### *R&D indirecte tenant compte des fuites par des importations d'intrants*

La prise en compte des fuites par des importations, telle que discutée plus haut, donne lieu à une mesure alternative de R&D indirecte. Le contenu en R&D incorporée dans les importations<sup>13</sup> des produits intermédiaires est dans ce cas déduit de la R&D indirecte générée par les dépenses de R&D au Québec. La régression de la croissance de la productivité du travail sur le taux de croissance de cette variable est présentée comme équation n° 7 dans le tableau 2.

La prise en compte des fuites par des importations, réduit substantiellement l'effet de la variable R&D indirecte, bien que celui-ci reste positif mais significatif seulement à 12% lorsque pris en isolation. Le vrai effet de la R&D indirecte se situe quelque part entre les estimations aux deux extrêmes, probablement plus près des valeurs des coefficients estimés dans l'équation 5, car l'hypothèse sous-jacente à cette spécification semble être plus réaliste.

#### *Variable de R&D indirecte incorporée dans les flux de l'investissement en biens d'équipement*

L'équation n° 8 dans le tableau 2 présente les coefficients de la régression de la croissance de la productivité de travail sur la R&D indirecte, incorporée dans les biens d'équipement. Le coefficient n'est pas statistiquement significatif au niveau de 5%<sup>14</sup>. Compte tenu des limitations que présente la mesure de la R&D incorporée dans les flux de biens d'équipement, nous n'avons pas poursuivi l'analyse plus loin.

#### *Variables de R&D exprimées en simples ratios dépenses/valeur ajoutée*

Les deux équations dans le tableau 3 estimées avec la variable R&D/valeur

13. Rappelons que les importations québécoises des biens intermédiaires ne sont pas disponibles et leur valeur a été estimée en recourant aux hypothèses assez contraignantes, décrites dans la section 3.2.

14. Il est significatif au niveau de 12,5% seulement.

ajoutée, se prêtent à une interprétation en termes de taux de rendement de l'investissement en R&D par le secteur manufacturier québécois. Comme l'a montré Terleckyj (1974 et 1980), il est possible d'interpréter le coefficient de régression associé à la variable  $RD/VA$  comme une approximation du taux de rendement des dépenses directes en R&D. Les résultats suggèrent un taux de rendement brut au-dessus de la normale<sup>15</sup> de 50%, ce qui est plus élevé que les résultats obtenus par Terleckyj (1974, 1980) pour les États-Unis (pour une période antérieure). Terleckyj a trouvé que le taux de rendement pour des dépenses directes en R&D était d'environ 20 à 30% dans les industries manufacturières. Le taux de rendement des dépenses indirectes est le double de celui des dépenses directes dans notre cas comme dans celui de Terleckyj (résultats non inclus dans le tableau).

Longo (1984), dans une étude d'un échantillon des entreprises canadiennes, a trouvé des taux de rendement variant entre 24 et 58%. Le taux de rendement relativement plus élevé au Canada et au Québec par rapport aux États-Unis peut être attribué à la spécialisation de l'industrie canadienne, et surtout québécoise, dans la fabrication des biens intermédiaires et à l'orientation de la R&D vers les innovations de procédés de production, comme l'ont noté De Bresson, Murray et Brodeur (1986).

Pour avoir une idée juste du taux de rendement de l'investissement en R&D, il faudrait avoir une mesure fiable du stock de R&D. Étant donné les hypothèses assez contraignantes sur lesquelles repose l'interprétation du coefficient de régression comme le taux de rendement (voir la note n° 7), nous n'insistons pas outre mesure sur cette interprétation.

### *Subventions à la R&D*

L'effet de l'ensemble des subventions fédérales est analysé non seulement au niveau des dépenses directes en R&D mais également au niveau de leur effet indirect. Les résultats se trouvent dans le tableau 4.

TABLEAU 3  
RÉGRESSIONS DE LA VARIATION DU TAUX DE CROISSANCE DE  
LA PRODUCTIVITÉ DU TRAVAIL SUR LES RATIOS  $RD/VA$ .

Variables explicatives					
No	Constante	$RD/VA$	$d(K/L)$	$R^2$ ajusté	F
1	-0,005	0,636 b	0,806 a	0,607	18,8 a
2	-0,002	0,640 b	0,740 a	0,539	13,8 a

NOTES: Niveau de signification statistique a = 0,01, b = 0,05 (test unilatéral).

L'équation no 2 est ajustée pour un échantillon n = 22; l'industrie du raffinage du pétrole est exclue à cause d'une valeur invraisemblable des ratios  $RD/VA$  et  $RD/Q$ .

15. C'est un taux de rendement au-dessus de la normale puisque les inputs contiennent déjà une composante R&D.



**TABEAU 4**  
**RÉGRESSIONS DE LA VARIATION DU TAUX DE CROISSANCE DE**  
**LA PRODUCTIVITÉ DU TRAVAIL**  
**SUR LES MOYENNES DU RATIO « SUBVENTIONS FÉDÉRALES/VENTES »**

		Variables explicatives					n = 12	
No	Constante	RD/Q privée directe	RI/Q privée indirecte	d(K/L)	SUBV/Q (FED) directe	SUBV/Q (FED) indirecte	R ajusté	F
1	0,003	1,213 d		1,015 a	-11,808 d		0,567	5,8 b
2	-0,027		8,464 c	1,152 a		-69,404 d	0,608	6,7 b

NOTE: Niveau de signification statistique: a = 0,01, b = 0,05, c = 0,1, d = 0,12.

Les résultats montrent que les subventions fédérales aux sociétés qui font de la R&D ne semblent apporter une contribution positive à la croissance de la productivité dans les industries qui en bénéficient. Contrairement au signe positif du coefficient de régression de la variable dépenses en R&D directe par le secteur privé, celui des subventions est négatif mais peu significatif. Le signe du coefficient de la variable subvention indirecte est également négatif et peu significatif. La conclusion ne saurait pas être définitive car les résultats sont très peu robustes, mais ils suggèrent que les subventions fédérales aux activités de R&D payées dans la période 1977-1982 n'ont pas eu d'effet positif sur la croissance de la productivité. Ce résultat corrobore des résultats trouvés par Terleckyj (1974) et Scherer (1982) pour les États-Unis.

#### CONCLUSIONS

1. Nous avons développé de nouvelles mesures qui résument les effets indirects de la R&D associée aux relations interindustrielles pour le Québec.
2. L'analyse de la relation entre la variation de la productivité et les mesures de l'engagement d'une industrie en R&D montre que la croissance de sa productivité est assez étroitement associée à son engagement en R&D, c'est-à-dire à la R&D directe.
3. L'effet indirect qu'exerce, par le truchement des relations interindustrielles, la R&D exécutée dans les industries « sources de technologie » sur les autres industries, est à la fois plus significatif et plus important que l'effet direct.
4. L'effet indirect qu'exerce la R&D incorporée dans les biens d'équipement n'est pas significatif ; les problèmes de mesure hypothèquent les résultats obtenus.
5. Le financement public représenté par l'ensemble des subventions fédérales, semble exercer un effet plutôt négatif sur la croissance de la productivité.
6. Étant donné le nombre limité d'observations disponibles sur les variables de R&D, les résultats présentés dans le texte ne devraient pas être interprétés comme étant définitifs mais plutôt comme étant les premières indications des rela-

tions qui existent entre la croissance de la productivité et l'un des indicateurs de l'effort technologique.

8. Les points suivants mériteraient une analyse ultérieure.
  - i) La distinction entre l'achat des produits intermédiaires d'origine québécoise et étrangère.
  - ii) Une analyse de l'effet de la fluctuation de la demande sur la productivité.
  - iii) Un examen des relations productivité-R&D devrait être exécuté également au niveau des entreprises, ce qui permettrait de chercher des réponses aux questions qui ne peuvent pas être explorées au niveau de l'ensemble de l'industrie et d'obtenir des résultats statistiquement plus robustes. La contrainte est actuellement l'inaccessibilité des données.

### BIBLIOGRAPHIE

- BSQ, (1975), *Étude de l'impact de la recherche-développement sur la croissance du secteur industriel au Québec* (1972), Québec, (janvier).
- DE BRESSON, C., B. MURRAY et L. BRODEUR, (1986), *L'innovation au Québec*, Québec, Les Publications du Québec.
- DENNY, M., FUSS, M. et WEVERMAN, L., (1981), « The Measurement and Interpretation of Total Factor Productivity in Regulated Industries, with an Application to Canadian Telecommunications », in Cowing, T.G. and Stevenson, R.E., *Productivity Measurement in Regulated Industries*, N.Y., Academic Press.
- DURAND, R., (1984), *La transformation des tableaux d'entrées-sorties rectangulaires en tableaux carrés de Léontief*, Québec, BSQ, miméo, (octobre). Reproduit en Annexe du rapport Hanel, Angers et Cloutier (1985).
- GLOBERMAN, S., (1972), « The Empirical Relationship Between R&D and Industrial Growth in Canada », *Applied Economics* 4, 186.
- GRILICHES, Z., (1973), « Research Expenditures and Growth Accounting », en B.R. Williams ed., *Science and Technology in Economic Growth*, John Wiley & Sons, New York-Toronto.
- GRILICHES, Z., (1979), « Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth », *The Bell Journal of Economics*, (printemps), 92-116.
- GRILICHES, Z., (1980), « Returns to Research and Development Expenditures in the Private Sector », in Kendrick, J.W. and B.N. Vaccara, *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, NBER, Studies in Income and Wealth, vol. 44, Chicago, University of Chicago Press.
- HANEL, P., ANGERS, J.F. et CLOUTIER, M. (1985), *L'effet des dépenses en R&D sur la croissance de la productivité*, Québec, ministère de l'Enseignement

Supérieur, de la Science et de la Technologie, Direction de la maîtrise du développement scientifique et technologique, Collection Études économiques, 100 p.

HARTWICK, J.M. et EWEN, B., (1984), *On Gross and New Measures of Sectoral R&D Intensity for the Canadian Economy*, Kingston, Queen's University Discussion Paper n° 547.

LEONTIEF, W., (1953), « Domestic Production and Foreign Trade: the American capital position reconsidered », dans *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 97.

LITHWICK, N.H., (1969), *Canada's Science Policy and the Economy*, Toronto, Methuen.

LONGO, F., (1984), *Industrial R&D and Productivity in Canada*, Ottawa, Science Council of Canada, (mai).

MANSFIELD, E., (1965), « Rates of Return from Industrial Research and Development », *American Economic Review*, 55, 310-322.

MANSFIELD, E. et al., (1977), « Social and Private Return from Industrial Innovations », *Quarterly Journal of Economics*, (91), 221-240.

MINASIAN, J.R., (1969), « Research and Development, Production Functions, and Rate of Return », *American Economic Review*, 59, (Proceedings).

NADIRI, M.I. et SCHANKERMAN, M.A., (1981), « Technical Change, Returns to Scale and the Productivity Slowdown », *American Economic Review*, (mai), 314-319.

NERLOVE, M. (1965), *Estimation and Identification of Cobb-Douglas Production Functions*, Amsterdam, North Holland Publishing Co.

POSTNER, H.H. et WESA, L., (1983), *Canadian Productivity Growth Analysis*, Ottawa, Economic Council of Canada.

SÉGUIN-DULUDE, L., (1982), « Les flux interindustriels : une analyse exploratoire du potentiel canadien », *l'Actualité Économique*, sept. 1982, 259-282.

SCHERER, F.M., (1982), « Inter-Industry Technology Flows and Productivity Growth », *The Review of Economics and Statistics*, (nov.), 627-634.

TERLECKYJ, N., (1974), *Effects of R&D on the Productivity Growth of Industries : An Exploratory Study*, Washington, D.C. : National Planning Association.

TERLECKYJ, N., (1980), « Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries », in J.W. Kendrick and B. Vaccara, eds., *New Developments in Productivity Measurement*, NBER, Studies in Income and Wealth, Chicago, University of Chicago Press, n° 44.

## LISTE DES ANNEXES DISPONIBLES SUR DEMANDE :

Annexe 2.0 Examen des données sur la R&amp;D

Annexe 2.1 Comparaison des données Québécoises et Canadiennes

Annexe 2.2 Comparaison des deux séries de données existantes sur le personnel professionnel en R&amp;D

Annexe 2.3 Description des démarches effectuées pour compléter les données manquantes sur la R&amp;D

Annexe 2.4 Agrégation du modèle Entrée-Sortie utilisé pour calculer le vecteur du contenu total en R&amp;D

Annexe 2.5 La transformation des tableaux d'Entrées-Sorties rectangulaires en tableaux carrés de Leontief (par R. Durand, BSQ)

Annexe 3 Les sources des données pour la construction des indices de productivité et de leur taux de croissance.

TABLEAU A-1  
TAUX DE CROISSANCE ANNUEL MOYEN DE LA PRODUCTIVITÉ  
TOTALE DU TRAVAIL PT À DIFFÉRENTES PÉRIODES

Industries	1962-1967	1966-1972	1973-1979	1977-1983
Aliments, boissons, tabac	0,030	0,039	0,012	0,037
Caoutchouc et plastique	0,091	0,003	-0,045	0,010
Textile	0,045	0,068	0,009	0,045
Pétrole	0,057	0,077	-0,064	-0,039
Produits chimiques	0,054	0,042	0,038	0,035
Bois, meubles	0,027	0,024	0,015	0,166
Papier	0,026	0,039	0,011	0,079
Première transformation des métaux	0,012	0,004	0,002	0,064
Produits métalliques	0,020	0,031	0,017	0,034
Machines non électriques	-0,005	0,038	0,025	0,017
Équipement de transport	0,079	0,041	0,058	0,086
Matériel électrique*	0,044	0,041	0,033	0,033

SOURCE: Stat. Canada (pour détails voir: Hanel, Angers et Cloutier (1985))

**TABLEAU A-2a**  
**RATIO R&D DIRECTE SUR VALEUR DES LIVRAISONS (%)**

Industries	1971	1975	1977	1979	1981	1982
Aliments, boissons, tabac	0,08	0,11	0,12	0,10	0,12	0,13
Caoutchouc et plastique	0,18	0,19	0,27	0,16	0,17	0,17
Textile	0,21	0,22	0,23	0,23	0,25	0,34
Pétrole	1,57	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04
Produits chimiques	1,50	1,41	1,21	1,06	1,11	1,29
Bois, meubles	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03
Papier	0,61	0,53	0,56	0,44	0,51	0,53
Première transformation des métaux	0,50	0,65	0,62	0,65	0,88	0,94
Produits métalliques	0,31	0,24	0,19	0,09	0,12	0,16
Machines non électriques	0,93	1,30	0,98	0,95	1,46	1,95
Équipement de transport	2,91	2,10	4,07	3,79	3,75	4,57
Matériel électrique	2,46	2,46	1,92	2,23	3,03	3,70

SOURCE: Les calculs de l'auteur.

**TABLEAU A-2b**  
**RATIO R&D INDIRECTE SUR VALEUR DES LIVRAISONS (%)**

Industries	1971	1975	1977	1979	1981	1982
Aliments, boissons, tabac	0,28	0,28	0,28	0,24	0,28	0,33
Caoutchouc et plastique	0,79	0,75	0,69	0,62	0,67	0,79
Textile	0,37	0,36	0,36	0,33	0,37	0,46
Pétrole	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Produits chimiques	0,68	0,65	0,58	0,52	0,58	0,67
Bois, meubles	0,24	0,23	0,23	0,21	0,25	0,29
Papier	0,37	0,35	0,34	0,30	0,34	0,40
Première transformation des métaux	0,43	0,49	0,47	0,47	0,61	0,69
Produits métalliques	0,42	0,47	0,45	0,44	0,56	0,63
Machines non électriques	0,60	0,66	0,62	0,60	0,78	0,95
Équipement de transport	1,46	1,22	1,82	1,70	1,80	2,17
Matériel électrique	0,73	0,75	0,69	0,72	0,92	1,07

SOURCE: Les calculs de l'auteur.